

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-303095

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

H01J 37/141

(21)Application number : 09-105793

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 23.04.1997

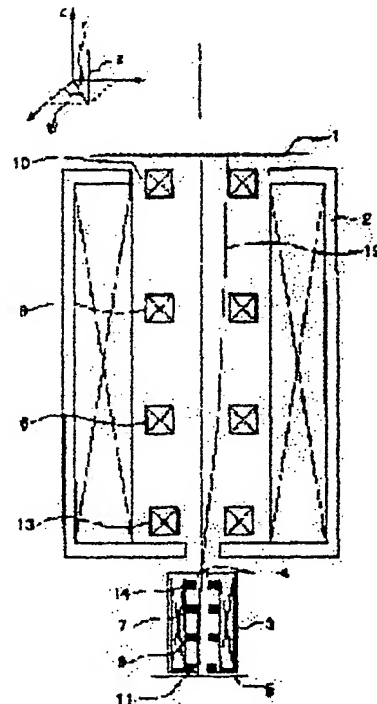
(72)Inventor : NAKASUJI MAMORU

## (54) REDUCTION PROJECTION LENS SYSTEM

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a stable beam of less deflection distortion by providing a plurality of deflecting devices between a reticule and a crossover, and between the crossover and a sample, respectively, and generating a magnetic field which makes an optical axis correspond to a track and a deflecting magnetic field which deflects the axis so as to make vertical to the sample surface.

SOLUTION: Four deflecting coils are provided between a reticule and a crossover, and between the crossover and a sample 5, respectively. Each deflecting device is provided with the deflecting coil, for making an axis of a lens corresponds to a track, and the deflecting coil for deflecting a beam so as to pass through a center of a crossover opening. And optical axis shift and deflection are performed for the deflecting devices 10, 8, 6 and 13, controlling so as to pass through a crossover aperture 4. By controlling an action for shifting the axes of the deflecting devices 14, 7, 9, and 11 and that for deflecting the main beam into a direction parallel to the center axis, the main beam which has passed through the crossover 4 is vertically made incident on the sample 5.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

H 0 1 J 37/141

5 0 4

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

H 0 1 J 37/141

5 4 1 A

5 0 4

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-105793

(22) 出願日 平成9年(1997)4月23日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 中筋 護

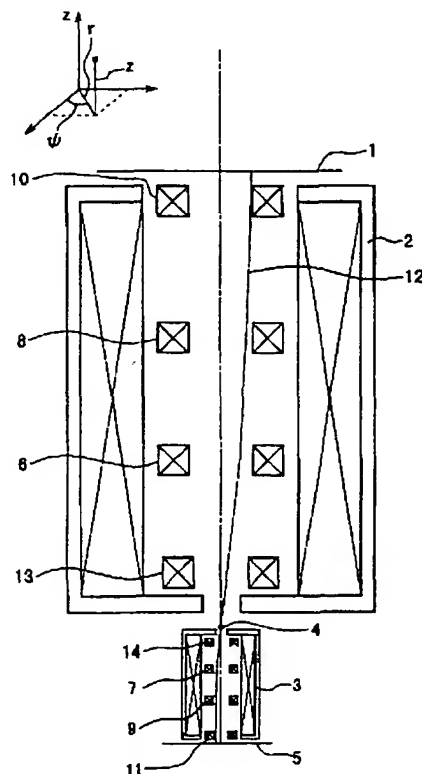
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 縮小投影レンズ系

(57) 【要約】

【課題】 電子線投影レンズ系において、軸外の結像特性を良くするために、必要な条件を満たす磁場を加えて光軸をシフトさせる方法がある。しかし、この方法では偏向歪みによる像の劣化が問題となる。本発明は光軸をシフトさせる電子レンズ光学系において、収差の少ない、安定に作動するレンズ系を提供する事を目的とする。

【解決手段】 主光線を大きく偏向する事を避ける為に、複数の偏向器で少しずつ偏向させ、同時に軌道と光軸が一致するように磁場を制御した。他の方法としては、長い軸距離上で偏向させる事により、偏向角を小さくした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レチクル上の主視野を複数の副視野に分割し、第1、第2の投影レンズにより各副視野を縮小率  $1/M$  で試料上に転写する装置の縮小投影レンズ系であって、レチクルと試料間を  $M:1$  に内分する点がクロスオーバーであり、上記第1、第2レンズのクロスオーバー側のボア径の比、第1、第2レンズのクロスオーバーとは反対側のボア径の比、あるいは第1、第2レンズのレンズギャップの比のうち少なくともひとつが  $M:1$  の関係になっているレンズ系において、レチクルとクロスオーバーの間に  $J$  ( $J \geq 2$ ) 個の偏向器を設け、該偏向器により光軸を軌道にほぼ一致させる磁場とビームをクロスオーバー開口の中心を通るように偏向する磁場を発生させ、クロスオーバーと試料の間に  $J'$  ( $J' \geq 2$ ) 個の偏向器を設け、該偏向器により光軸を軌道に一致させる磁場とビームを試料面に垂直になるように偏向する磁場を発生させる事を特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項2】 レチクル上の主視野を複数の副視野に分割し、第1、第2の投影レンズにより各副視野を縮小率  $1/M$  で試料上に転写する装置の縮小投影レンズ系であって、レチクルと試料間を  $M:1$  に内分する点がクロスオーバーであり、上記第1、第2レンズのクロスオーバー側のボア径の比、第1、第2レンズのクロスオーバーとは反対側のボア径の比、あるいは第1、第2レンズのレンズギャップの比のうち少なくともひとつが  $M:1$  の関係になっているレンズ系において、第1レンズのレチクル側の磁極近傍に第1の偏向器を設け、該第1の偏向器により光軸を副視野から出た主光線にほぼ一致させるための磁場と該主光線を偏向して前記クロスオーバーを通る軌道にのせるための磁場を発生させ、該第1の偏向器とクロスオーバーの間に  $J$  ( $J \geq 2$ ) 個の  $VAL$  偏向器を設けて光軸を該軌道にほぼ一致させるための磁場を発生させ、クロスオーバーと第2レンズの試料側の磁極近傍の間に  $J'$  ( $J' \geq 2$ ) 個の  $VAL$  偏向器と第2の偏向器をこの順に設け、該  $VAL$  偏向器により光軸を軌道にほぼ一致させる磁場を発生させ、第2の偏向器によりクロスオーバーを通った軌道が試料の所定の位置に垂直に入射するようにするための磁場と光軸を軌道に合わせる為の磁場を発生させる事を特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項3】 請求項1または2において各レンズのクロスオーバー側のボア径は他の側のボア径の  $1/2$  より小さいことを特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項4】 請求項1乃至3において、 $J = J'$  であることを特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項5】 請求項4において、クロスオーバーを中心として、クロスオーバーからレチクル側へ  $n$  個目の偏向器または  $VAL$  偏向器のコアまたはコイルの内径はクロスオーバーから試料側へ  $n$  個目の偏向器または  $VAL$  偏向器のコアまたはとコイルの内径の  $M$  倍であることを特徴とする縮小投影レンズ

【請求項6】 請求項4又は5において、クロスオーバーからレチクル側へ数えて  $n$  個目の偏向器または  $VAL$  偏向器のコアまたはコイルのクロスオーバー迄の距離は、クロスオーバーから試料側へ数えて  $n$  個目の偏向器または  $VAL$  偏向器のコアまたはコイルのクロスオーバー迄の距離の  $M$  倍であることを特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項7】 請求項4乃至6において、クロスオーバーからレチクル側と試料側へ数えて  $n$  個目の2つの偏向器または  $VAL$  偏向器の励磁条件として、アンペア・ターン数が等しく、且つ発生する磁場が逆向きになるように電流を流すことを特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項8】 請求項7において、クロスオーバーからレチクル側と試料側へ数えて  $n$  個目の2つの偏向器または  $VAL$  偏向器を同一の電源で駆動することを特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項9】 請求項1または3または4乃至8において、上記  $J$  個の偏向器はそれぞれほぼ等しい偏向量を有する事を特徴とする縮小投影レンズ。

【請求項10】 請求項1または3において、上記  $J'$  個の偏向器はそれぞれほぼ等しい偏向量を有する事を特徴とする縮小投影レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は4GDRAM以降の高密度・微細パターンを高スループットで形成する装置に用いる縮小投影レンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のこの種の高精細パターンを高スループットをもって形成する技術としては、対称磁気ダブルレット方式のレンズ（例えば、M.B.Heritage "Electron-projection microfabrication system" J.Vac.Sci.Techol. Vol.12, No.6; 1975 P.1135）、 $MO_L$ 方式（例えば、H.Ohiwa "Design of electron-beam scanning system using the moving objective lens", J.Vac.Sci.Techol. 15, 1978; P.849-85）、 $VAL$ 方式(H.C. Pfeiffer G.O. Langer and M.Sturans "Variable axis lenses for electron beams" Appl.Phys.Lett. 39(9), Nov. 1981; p. 775-776, PREVAL方式(H.C. Pfeiffer "Projection exposure with VariableAxis Immersion Lenses: A High-Throughput Electron Beam Approach to "Suboptical" Lithography" Jpn. . Appl.Phys. Vol. 34 Pt.1 No.12B 1995; P.6685-6662)等のレンズが公知である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記の対称磁気ダブルレット方式のレンズでは、光軸上の収差はかなり広い像面視野にわたって小さいが、開口が大きくなると像面湾曲及びフィールド非点が大きくなって実用的ではなく、開口を小さくすると電子-電子相互作用による像のボケが大きくなり、これを避けるために電流を下げるとスルー

プットが低下するという問題があった。またPREVALあるいはMOLでは光軸をシフトして光軸を軌道に合わせる事により大きい開口で収差の少ない光学系が実現でき高スループットで像形成出来るが、前段レンズの光軸上のビームをクロスオーバ点に向ける偏向器が1個、クロスオーバ点を出たビームを後段レンズの光軸に平行に向ける偏向器がそれぞれ1個しかないため、一つの偏向器でビームを大きく曲げる必要があった。この為に光軸のシフト量を大きく取ると偏向歪みが大きくなって偏向収差の問題を生じることになる。そこで本発明では、開口角を大きく取ることができ、偏向歪みが小さく、安定なビームが得られ、従って高密度・高精細パターンを高スループットで形成出来る縮小投影レンズを提供する事を目的とする。

【0004】尚、本明細書においては、構成要素の配置に関して電子線源に近い方を前段（後述の図1ではzの値が小さい方を前段）、試料に近い方を後段（図1ではzの値の大きい方を後段）としている。

【0005】

【課題を解決する為の手段】上記問題点の解決の為に本発明では以下に述べる手段を用いた。第1の手段として、レチクル上の主視野を複数の副視野に分割し、第1、第2の投影レンズにより各副視野を縮小率 $1/M$ で試料上に転写する装置の縮小投影レンズ系であって、レチクルと試料間を $M:1$ に内分する点がクロスオーバであり、上記第1、第2レンズのクロスオーバ側のボア径の比、第1、第2レンズのクロスオーバとは反対側のボア径の比、あるいは第1、第2レンズのレンズギャップの比のうち少なくともひとつが $M:1$ の関係になっているレンズ系において、レチクルとクロスオーバの間に $J$  ( $J \geq 2$ ) 個の偏向器を設け、該偏向器により光軸を軌道にほぼ一致させる磁場とビームをクロスオーバ開口の中心を通るように偏向する磁場を発生させ、クロスオーバと試料の間に $J'$  ( $J' \geq 2$ ) 個の偏向器を設け、該偏向器により光軸を軌道に一致させる磁場とビームを試料面に垂直になるように偏向する磁場を発生させる事とした。

【0006】第2の手段として、レチクル上の主視野を複数の副視野に分割し、第1、第2の投影レンズにより各副視野を縮小率 $1/M$ で試料上に転写する装置の縮小投影レンズ系であって、レチクルと試料間を $M:1$ に内分する点がクロスオーバであり、上記第1、第2レンズのクロスオーバ側のボア径の比、第1、第2レンズのクロスオーバとは反対側のボア径の比、あるいは第1、第2レンズのレンズギャップの比の少なくともひとつが $M:1$ の関係になっているレンズ系において、第1レンズのレチクル側の磁極近傍に第1の偏向器を設け、該第1の偏向器により光軸を副視野から出た主光線にほぼ一致させるための磁場と該主光線を偏向して前記クロスオーバを通る軌道にのせるための磁場を発生させ、該

第1の偏向器とクロスオーバの間に $J$  ( $J \geq 2$ ) 個のVAL偏向器を設けて光軸を該軌道にほぼ一致させるための磁場を発生させ、クロスオーバと第2レンズの試料側の磁極近傍の間に $J'$  ( $J' \geq 2$ ) 個のVAL偏向器と第2の偏向器をこの順に設け、該VAL偏向器により光軸を軌道にほぼ一致させる磁場を発生させ、第2の偏向器によりクロスオーバを通った軌道が試料の所定の位置に垂直に入射するようにするための磁場と光軸を軌道に合わせる為の磁場を発生させるようにした。

【0007】第3の手段として、第1の手段または第2の手段において、各レンズのクロスオーバ側のボア径は他の側のボア径の $1/2$ より小さい事とした。第4の手段として、第1の手段乃至第3の手段において、 $J = J'$  であることとした。第5の手段として、第4の手段において、クロスオーバを中心として、クロスオーバからレチクル側へ $n$ 個目の偏向器またはVAL偏向器のコアまたはコイルの内径はクロスオーバから試料側へ $n$ 個目の偏向器またはVAL偏向器のコアまたはコイルの内径の $M$ 倍であることとした。

【0008】第6の手段として、第4の手段又は第5の手段において、クロスオーバからレチクル側へ数えて $n$ 個目の偏向器またはVAL偏向器のコアまたはコイルのクロスオーバ迄の距離は、クロスオーバから試料側へ数えて $n$ 個目の偏向器またはVAL偏向器のコアまたはコイルのクロスオーバ迄の距離の $M$ 倍であることとした。

【0009】第7の手段として、第4乃至6の手段において、クロスオーバからレチクル側と試料側へ数えて $n$ 個目の2つの偏向器またはVAL偏向器の励磁条件として、アンペア・ターン数が等しく、且つ発生する磁場が逆向きになるように電流を流すこととした。第8の手段として、第7の手段において、クロスオーバからレチクル側と試料側へ数えて $n$ 個目の2つの偏向器またはVAL偏向器を同一の電源で駆動することとした。

【0010】第9の手段として、第1または第3または第4乃至8の手段において、上記 $J$ 個の偏向器はそれぞれほぼ等しい偏向量を有する事とした。第10の手段として、第1または第9の手段において、上記 $J'$ 個の偏向器はそれぞれほぼ等しい偏向量を有する事とした。尚、本明細書中の副視野、主視野に関するより詳細な記述に関しては、本発明人の出願になる特願平07-338372を参照。また、本願発明でいう対称磁気ダブルレット条件（SMD条件）とは、

- ① マスク側のレンズの主平面はマスクとクロスオーバーの中心にあり、試料側のレンズの主平面は試料とクロスオーバーの中心にある。
- ② クロスオーバーを中心とした試料側のレンズの $N$ 倍の相似形はマスク側のレンズとクロスオーバーを中心として点対称になる。
- ③ 結像場励磁条件として、互いにAT数の絶対値が等しく、電流の向きが互いに逆である、をいう。

【0011】又、本願発明でいうVAL条件（光軸を軌道に一致させる条件）とは、光軸上での光軸方向（ここではZ方向とする）の磁場成分を $B_z(z)$ とし、新に光軸をX方向（Z軸に垂直方向）に $X_0$ だけシフトさせる時、シフトの為にX方向に加える磁場が、  

$$B_x(z) = -(1/2) * X_0 * (dB_z(z)/dz)$$

を含むことをいい、VAL偏向器とは、電子線を偏向させる機能はないが、上記VAL条件を満たす磁場を発生する偏向器をいう。

#### 【0012】

【発明実施の形態】本発明においては副視野一個分のビームはJ個又はJ'個の偏向器により偏向され、1つの偏向器では少しずつしか偏向されないの、偏向歪が小さくなる。また、偏向器は前段、後段の2つが対を形成し、幾何学的な寸法、クロスオーバからの距離に関して所定の条件を満足し、励磁制御に関しても同一の制御電源が使用されているので例えば前段の偏向器でXの+の方向へビームがシフトする方向へ電源が変動すると、後段の偏向器ではXの-方向へビームがシフトする方向に振られ、互いに逆方向であるから変動が相殺されて小さい変動しか生じなく、電源の安定度の許容値が大きい。また、ビーム軌道と偏向器が作る磁場の関係がクロスオーバの上と下で縮小率倍の差があるが互いに同じ関係になるので、偏向収差が上と下で互いに打消し合うので偏向歪を小さくできる。

【0013】また、別の形態においては、前段のレンズのレチクル側の磁極近傍に第1の偏向器を設け、これによりクロスオーバを通る軌道を形成し、且つVAL偏向器により光軸をこの軌道にほぼ一致させることにより軌道偏向の偏向器は1つであるが、偏向角度を従来例よりも小さく出来るために偏向収差を小さく出来る。いずれの場合にも、レンズはレンズ位置を除き対称磁気ダブレット条件を満たしているため、軸上の副視野の転写では収差は小さく、VAL条件を満足する偏向器をレンズの内部やその近傍に備えている為に、レンズ中心軸からはずれた副視野についても光軸と軌道が一致しているため収差は小さい。

【0014】更に、レンズのボア径に関しても、1方が他方の1/2以下に成っているので互いの磁場の干渉がなく、対称条件がくずれることがない。

#### 【0015】

【実施例】図1は本発明の第1の手段及びその改良手段の実施例を示すものであり、縮小投影レンズ系の断面図である。なお、縮小率は1/4である。マスク1は形成しようとする1チップ分の4倍の拡大マスクが複数の主視野に分割して形成されている。各主視野はさらに複数の副視野に分割され、一度に1個の副視野が転写される。第1レンズ2と第2レンズ3はボア径とレンズギャップに関しては対称磁気ダブレットの条件を満たして

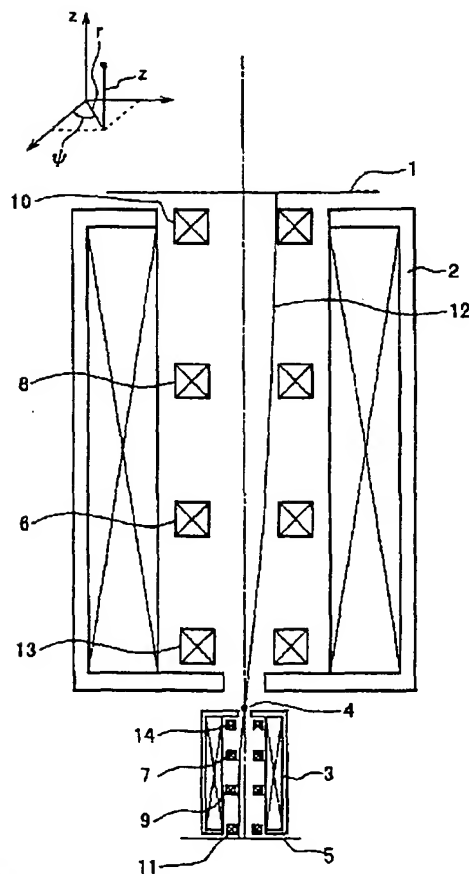
いる。即ちレンズの寸法は第1レンズ2は第2レンズ3の4倍の寸法に設計されている。レンズ2のクロスオーバ側の磁極のボア径はレチクル側の磁極のボア径の1/2.5の大きさに設計した。第2レンズについてもクロスオーバ側の磁極のボア径は試料側のボア径の1/2.5にした。第1レンズ2と第2レンズ3は軸上磁場の向きが互いに逆方向になるような向きの電流が流されている。この2つのレンズは同一の電源で直列に電流が流れるよう設計されている。偏向コイルはレチクルからクロスオーバ迄に4個とクロスオーバから試料5の間に4個設けられている。各偏向器にはレンズの軸を軌道に一致させるための偏向コイルとビームをクロスオーバ開口の中心を通すように偏向する偏向コイルが設けられている。偏向コイルの寸法は6と7、8と9、10と11及び13と14では4:1の寸法比に作られている。クロスオーバからこれらのコイル迄の距離は上に述べたように4:1の比率になっている。また、これらの対のコイルは同じ電源でシリーズに電流が流れるよう結線されている。次に、この系での制御、作用、結果の例を示す。偏向器10が作るVAL磁界によりレンズの光軸は転写される副視野の中心を通るようにシフトされ、従って、レチクル1からレンズの中心軸に平行に出射した主光線は光軸上を進む事になる。そして偏向器10に設けられた別のコイルによって少しレンズの中心軸方向に偏向される。偏向器8の位置に来ると軌道が少し中心軸に近づいているため、偏向器8のコイルのVAL動作によって光軸を軌道に合わせ、且つさらに主光線の軌道をさらに中心軸方向へ偏向する。同様の光軸シフト及び偏向を偏向器6及び13について行いクロスオーバアパーチャ4の中心を通るよう制御する。クロスオーバ4はレチクル1と試料5を4:1に内分する位置である。偏向器14、7、9、11が持つ光軸をシフトする作用と主光線を中心軸に平行な方向へ偏向する作用を制御する事により、クロスオーバ4を通過した主光線は試料5に垂直に入射すると同時に、放射方向（副視野の並びの方向）はレチクル副視野位置の1/4の位置、方位角方向（ $\phi$ 方向）は180°の位置に入射する。

【0016】次に、同様な配置の図2を用いて、第2の手段及びその改良手段の制御、作用、結果の例を示す。レンズ1及びレンズ2の構成、励磁法については先の例と同じであるが、偏向器に関しては、第1の偏向器20、VAL偏向器18、16、23が配置され、更にVAL偏向器24、17、19、第2の偏向器21が配置されている。VAL偏向コイルはレチクルからクロスオーバ迄に3個とクロスオーバから試料5の間に3個設けられている。第1の偏向器のコイルと第2の偏向器のコイルの寸法、及びVAL偏向コイル20と21、18と19、16と17、23と24の寸法は4:1の寸法比に作られている。クロスオーバからこれらのコイル迄の距離は上に述べた様に4:1の比率になっている。ま

た、これらの対のコイルは同じ電源でシリーズに電流が流れるよう結線されている。偏向器20が作るVAL磁界によりレンズの光軸は転写される副視野の中心を通るようにシフトされ、従って、レチクル1からレンズの中心軸に平行に出射した主光線は光軸上を進む事になる。そして偏向器20に設けられた別のコイルによって主光線が所定のクロスオーバを通る軌道に乗るように磁場が発生される。偏向器18の位置に来ると軌道が少し中心軸に近づいているため、VAL偏向器18のコイルのVAL動作によって光軸を軌道に合わせ、同様の光軸シフトをVAL偏向器16及び23について行う。クロスオーバ4はレチクル1と試料4を4:1に内分する位置である。クロスオーバ4を通過した主光線はVAL偏向器24、17、19によりシフトされた光軸と一致している軌道を通して最終段の偏向器21に入射する。この偏向器によって主光線が試料面に垂直になるように偏向される。勿論この位置でもVAL条件が満たされている。先の場合と同様、入射位置は放射方向（副視野の並びの方向）はレチクル副視野位置の1/4の位置、方位角方向（ $\psi$ 方向）は180°の位置である。上記のように副視野の転写を行うと、高精度なパターンが高いスループットをもって、安定に形成される。

【0017】

【図1】



【発明の効果】以上説明したような縮小投影レンズ系を用いると、光軸をシフトして実質的な低収差領域を拡大して高スループットを目指すレンズ系に生じる、偏向歪みに起因する像の収差が低減され、高精細像を高スループットで達成できる。また、個々の構成要素が互いに諸変動に対して変動を打ち消し合う様に設計されているので、制御安定性も高いものが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の縮小投影レンズ系の断面図。

【図2】本発明の他の実施例の縮小投影レンズ系の断面図。

【符号の説明】

- 1 . . . . . レチクル
- 2 . . . . . 第1の投影レンズ
- 3 . . . . . 第2の投影レンズ
- 4 . . . . . クロスオーバ
- 5 . . . . . 試料
- 6、7、8、9、10、11、13、14 . . . . . 偏向器
- 12 . . . . . 電子線の主光線の軌道
- 16、17、18、19、23、24 . . . . . VAL偏向器
- 20、21 . . . . . 偏向器

【図2】

